ETH zürich

ETH Library

Bestandeshöhen-Messungen zur Charakterisierung von Grünland auf Landschaftsebene

Report

Author(s):
Mayer, Philipp; Heindl-Tenhunen, Bärbel; Tenhunen, John

Publication date:
2005

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-004907353

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Bestandeshöhen-Messungen zur Charakterisierung von Grünland auf Landschaftsebene

Stand height for the characterization of grassland on the landscape scale

Philipp Mayer, Bärbel Heindl-Tenhunen, John Tenhunen

Zusammenfassung

Durch Intensivierung der Bewirtschaftung und verstärktem Düngemitteleinsatz hat sich das Grünland Mitteleuropas in den letzten Jahrzehnten deutlich verändert. Diese Änderungen betreffen die Pflanzenarten-Ausstattung und die Leistungsfähigkeit zur Erfüllung von Ökosystemfunktionen ganzer Landschaften (z.B. Produktivität, Wasserverbrauch und -rückhaltung, Nährstoffspeicherung und -freisetzung). Durch Förderprogramme und Extensivierungsmaßnahmen wird Einfluss auf die Grünlandbewirtschaftung genommen. Zur Erfolgskontrolle dieser Programme sind einfache und flächendeckend anwendbare Verfahren nötig, die Informationen zu Veränderungen von Biodiversität und Ökosystemfunktion bereitstellen.

Die klassische Methode der pflanzensoziologischen Erhebung ist wenig geeignet die nötigen Informationen bereitzustellen denn sie ist zeitaufwändig, setzt eine hohe Fachkenntnis voraus, erfasst lediglich die Artenausstattung und ihre Anwendbarkeit im Intensiv-Grünland ist fragwürdig. In diesem Artikel schlagen wir deshalb eine einfache Messung der Bestandeshöhe vor, denn damit werden sowohl Informationen über die Artenausstattung des Grünlandes, durch eine Korrelation mit dominanten Arten, als auch über Ökosystemfunktionen, durch einen Zusammenhang mit der oberirdischen Biomasse, verfügbar. Hochwüchsige Wiesen weisen auf eine starke Stickstoffzufuhr hin, was einen negativen Effekt auf Grundwasserqualität und Artenreichtum haben kann.

In einem 30 km² großen Grünlandgebiet im Fichtelgebirge (SO-Deutschland) wurden innerhalb einer Woche im Spätfrühling die Bestandeshöhen aller Grünlandflächen gemessen. Zusätzlich wurden die dominanten Arten erfasst. Die 20 häufigsten dominanten Pflanzenarten der Grünlandbestände konnten jeweils einem bestimmten Bestandeshöhenbereich zugeordnet werden.

Informationen über die oberirdische Biomasse und den Grünlandtyp, die aus einer Erhebung von Bestandeshöhen abgeleitet werden, können Parameterfelder für Ökosystemmodelle auf Landschaftsebene bilden. Diese Modelle helfen, die Konsequenzen verschiedener Landnutzungsformen in sich veränderndem Grünland zu bewerten.

Summary

Grasslands of Central Europe have changed in recent decades, primarily because of intensified management and high levels of fertilization in the agricultural sector. Shifts in both grassland species composition and landscape function, e.g., altered productivity, water use, and fixation, retention and release of nitrogen, occur over large areas. A regulation of grassland management is being attempted with subsidization of less intensive management methods. The success of this subsidization must be monitored with methods that provide information on changes in both biodiversity and ecosystem processes.

Classical plant sociological relevés are ill-suited to provide the required information because they are extremely time-consuming, require a high level of expertise, monitor only community composition, and are of questionable applicability in intensively managed grasslands. In this article, we propose a simple measurement of ‘stand height‘ because it provides information on both the plant community of grasslands, through correlated change in the dominant species, and an index for function, since it is clearly related to the aboveground biomass that develops. High-statured grasslands suggest a high supply of nitrogen fertilizer, which may have a negative impact on groundwater quality as well as grassland species richness.

In an area of 30 km^2 of the Fichtelgebirge (SE-Germany) the stand height of all grasslands was measured within a week in late spring. Additionally, dominant plant species were recorded. It was possible to assign the 20 most frequent and dominant plant species to stands with a specific range in height.

Information on aboveground biomass and grassland type derived from mapping of stand height may provide one means for deriving parameter fields for ecosystem models at landscape scale, that in turn aid in evaluating the consequences and implications of different management approaches associated with grassland change.

Einleitung

Grünland stellt in Mitteleuropa neben Wald und Ackerland eine wichtige Landnutzungsform dar: In Deutschland werden etwa 17 % der Landfläche als Grünland genutzt (Briemle et al. 1999). In den letzten Jahrzehnten haben sich die Grünlandbestände auf Grund von Änderungen in der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung, bedingt durch die agrarpolitischen Rahmenbedingungen, stark gewandelt (Briemle et al. 1996, Hessisches Ministerium des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz 1996, Wegener 1998, Dierschke & Briemle 2002). Dieser Wandel vollzog sich in zwei gegensätzliche Richtungen: Düngung und Erhöhung der Mahdhäufigkeit auf der einen Seite und das Brachfallen von Grünlandbeständen auf der anderen Seite (Spatz 1994). Während Klapp (1971) in seinem Lehrbuch noch eine flächendeckende Intensivierung der Grünlandwirtschaft fordert, werden heute verstärkt Belange von Natur- und Umweltschutz berücksichtigt. Durch Förderprogramme und Extensivierungsmaßnahmen sollen die Landwirte dazu angeregt werden, umweltschonender bzw. extensiver zu wirtschaften (Bronner et al. 1997, Briemle et al. 1999, Bronner 2000).

Voraussetzung für die Erfassung des aktuellen Zustandes von Grünland und seiner Veränderungen ist eine einfache und flächendeckend durchführbare Erhebung. Auch für Förderprogramme ist eine einfache Grünlandansprache nötig, die in Antragsverfahren der Landwirtschaftsverwaltungen eingebunden werden kann (Briemle et al. 1999). Als Grundlage für die Modellierung von Ökosystemfunktionen (z.B. Produktivität, Wasserverbrauch und -rückhaltung, Nährstoffspeicherung und -freisetzung) auf Landschaftsebene sind ebenfalls flächendeckende Informationen nötig.

Ein anerkanntes Verfahren zur Grünlandansprache ist die Methode der Pflanzensoziologie (Braun-Blanquet 1964). Dabei werden an repräsentativen und homogenen Wuchsorten vollständige Artenlisten erstellt. Dies erfordert einen hohen Zeitaufwand. Auf intensiv bewirtschaftetem Grünland ergibt sich dabei außerdem das Problem, dass die Bestände durch nutzungsbedingte Änderungen in der Artenausstattung kaum in das System der Pflanzensoziologie eingeordnet werden können, weil entsprechende, die heutige Artenausstattung charakterisierende Vegetationstypen fehlen (Arkenau & Wucherpfennig 1985, Wegener 1998). Häufig können deshalb nur noch Fragmentgesellschaften, die aus relativ naturnahen Pflanzengesellschaften hervorgegangen sind, angesprochen werden. Zudem weisen Voigtländer & Voss (1979) darauf hin, dass viele Charakterarten des pflanzensoziologischen

Systems nur örtlich begrenzte Gültigkeit besitzen. Dies erschwert eine national einheitliche Ansprache von Grünland.

Eine andere Möglichkeit der Grünlandansprache besteht mit Hilfe von Indikatorarten. Briemle et al. (1999) geben zur Ansprache des Extensivgrünlandes in Südwestdeutschland 28 auffällige und häufige Pflanzenarten an. Das Verfahren ist weniger aufwändig und setzt weniger Fachkenntnis voraus als eine vollständige pflanzensoziologische Erhebung, da nur relativ leicht erkennbare Pflanzenarten als Indikatorarten dienen (Briemle et al. 1999). Im Vergleich zu einer pflanzensoziologischen Erhebung ist der Informationsgehalt aber deutlich geringer, denn es wird nur das Vorhandensein weniger Arten geprüft.

Zur Beschreibung der Vegetation kann, neben der Artenausstattung, auch die Vegetationsstruktur herangezogen werden. Die Vegetationsstruktur ist die räumliche Anordnung der Bestandteile einer Phytozönose (Pflanzengesellschaft), also die horizontale und vertikale Gliederung (Wilmanns 1993). Maße zur Kennzeichnung der Vegetationsstruktur sind z.B. die Schichtung und die Biomasse, aber auch die sehr einfach zu bestimmende Bestandeshöhe (Barkman et al. 1964, Passarge 1978). In nordamerikanischen Prärien wird z.B. eine kombinierte Messung von Bestandeshöhe und -dichte (Verfahren nach Robel et al. 1970) für Monitoring und Bewertung im Naturschutz angewandt.

Ziel dieses Artikels ist es, an Hand einer Fallstudie ein Verfahren vorzustellen, mit dem die Grünlandbestände größerer Gebiete erfasst werden können. Diese Erfassung soll naturschutzfachlich und in Bezug auf Ökosystemfunktionen relevant sein. In einem definierten Wassereinzugsgebiet, dem Weißenstädter Becken im Fichtelgebirge, wurden dazu innerhalb weniger Tage im Spätfrühling die mittleren Bestandeshöhen von Grünlandflächen sowie deren dominante Arten erfasst.

Untersuchungsgebiet und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Weißenstädter Becken (Fichtelgebirge, SO-Deutschland), einer ca. 30 km² großen kesselartigen Landschaft (Höhenlage 600-700 m NN) mit granitischem Ausgangsgestein durchgeführt. Wegen der niedrigen Durchschnittstemperaturen (Jahresmittel 5 bis 6 °C, Deutscher Wetterdienst 1952) und hohen Niederschläge (Jahresmittel 900 bis 1000 mm, Deutscher Wetterdienst 1952) stellt Grünland in diesem Gebiet eine

bedeutende Landnutzungsform dar. Bei den Grünlandbeständen mittlerer Standorte handelt es sich um Glatthaferwiesen (*Arrhenatheretum elatioris*), in den Senken auf feuchteren Standorten sind Wiesen des Verbandes *Calthion palustris* verbreitet (vgl. Hauser 1988).

Innerhalb einer Woche wurden Anfang Juni alle Grünlandbestände des Untersuchungsgebietes aufgesucht und die Bestandeshöhen gemessen sowie für jede Fläche eine bis vier dominante Arten notiert. Als dominant galten die Arten mit den augenscheinlich größten Biomasseanteilen. Die Messung der Bestandeshöhe erfolgte an einer repräsentativen Stelle im Bestand. Zur Höhenmessung wurde eine quadratische Styroporplatte mit 40 cm Kantenlänge und 5 mm Stärke auf den Bestand gelegt und der Abstand von der Geländeoberfläche zur Oberseite der Platte gemessen. Die Höhenmessung mit der Platte hat den Vorteil, dass nicht die Höhe einzelner Blütenstände oder Obergräser erfasst wird, sondern eine Höhe, bei der genug Pflanzenmaterial vorhanden ist, um die aufgelegte Platte zu stützen. Dieses Maß spiegelt eher die oberirdische Biomasse wider als die Höhe einzelner Pflanzenteile und wurde deshalb bevorzugt. Powell (1974) und Castle (1976) schätzten mit einem ähnlichen Verfahren, mit einem sogenannten “plate meter“, die Biomasse krautiger Vegetation ab (siehe auch Voigtländer & Voss 1979).

Die Spannbreite der gemessenen Bestandeshöhen wurde in drei Klassen mit etwa gleicher Breite eingeteilt. Die Häufigkeitsverteilung der Bestandeshöhen wurde mit dem Kolmogorov Smirnov-Test ($p = 0,05$) auf Abweichung von der Normalverteilung getestet.

In vier ausgewählten Grünlandbeständen wurden detaillierte Untersuchungen zur oberirdischer Pflanzenbiomasse und Bestandeshöhe gemacht. Die Grünlandbestände wurden so gewählt, dass sie das Spektrum der verschiedenen Nutzungsintensitäten im Untersuchungsgebiet abdecken: (1) dreimalige Mahd und mineralische Düngung, (2) zweimalige Mahd und Düngung mit Gülle/Jauche, (3) ein- bis zweimalige Mahd ohne Düngung, (4) Brache ohne Düngung. In diesen vier Beständen wurden von Mai bis Oktober an zwölf Terminen die oberirdische Pflanzenbiomasse und die Bestandeshöhe erfasst. Dazu wurde mit dem oben beschriebenen Verfahren die Bestandeshöhe gemessen, dann das oberirdische Pflanzenmaterial auf Probeflächen von 0,25 m^2 geerntet und die Trockenmasse bestimmt. Der Stichprobenumfang betrug bei 6 Probenahmeterminen 5 Probeflächen pro Wiese, bei 6 Terminen 3 Probeflächen pro Wiese.

Ergebnisse

Bei der Erhebung wurden insgesamt 287 Grünlandbestände erfasst. Zum Zeitpunkt der Erfassung waren 48 Grünlandbestände bereits gemäht oder beweidet; in diesen Beständen wurden deshalb keine Bestandeshöhen gemessen. Die mittlere Höhe der 239 Grünlandbestände, auf denen Höhen gemessen wurden, betrug 52,9 cm. In Abbildung 1 ist die Verteilung der Bestandeshöhen dargestellt.

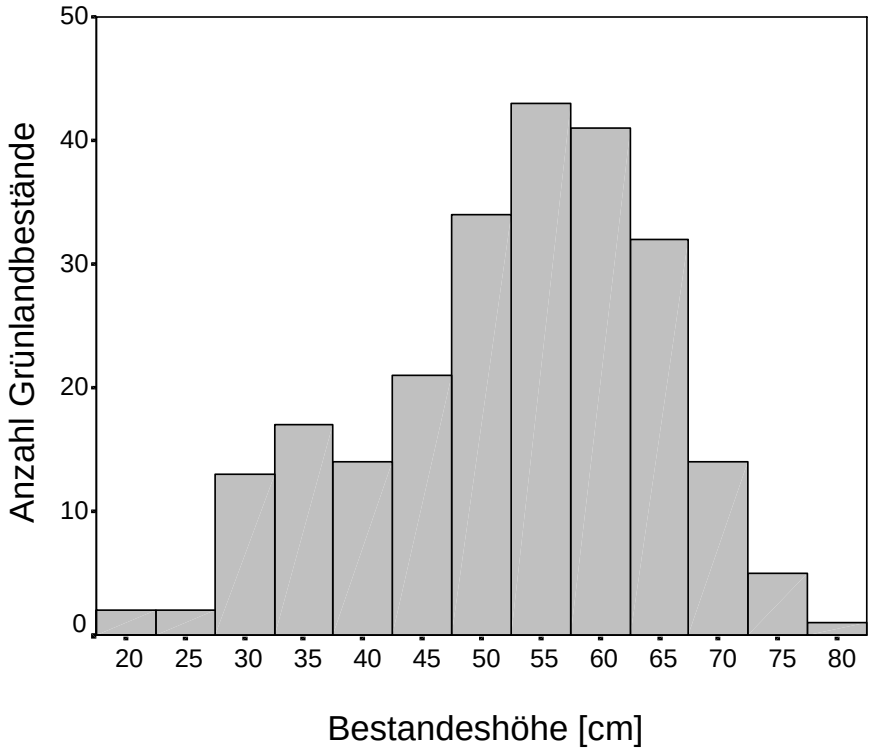

Abb. 1: Histogramm der Bestandeshöhen von den 239 Grünlandflächen des Weißenstädter Beckens. Ausgenommen sind Wiesen und Wechselgrünland, die zum Zeitpunkt der Erfassung bereits gemäht waren sowie bereits beweidete Weideflächen.

Fig. 1: Bar chart of stand height of the 239 grassland sites in the Weißenstädter Becken. Excluded are meadows and temporal grassland which were already cut at the time of recording, and pastures in use.

Die Bestandeshöhe ist nicht normalverteilt, sondern linksschief mit einer größeren Streuung der niedrigeren Höhen. Die geringste gemessene Bestandeshöhe war 20 cm, die größte 78 cm. Unterteilt man diese Spanne in drei Klassen mit etwa gleicher Breite (Breiten der Klassen I und II 19 cm, Klasse III 18 cm) dann ergibt sich Folgendes: Der ersten Klasse (20 cm bis 39 cm, niedrigwüchsige Grünlandbestände) werden 38 Bestände zugeordnet, der

zweiten Klasse (40 cm bis 59 cm, mittlere Bestände) werden 128 Bestände zugeordnet und der dritten Klasse (60 cm bis 78 cm, hochwüchsige Bestände) werden 73 Bestände zugeschlagen. Der überwiegende Teil (53,6 %) fällt also in die Klasse mit mittleren Bestandeshöhen. Der Anteil hochwüchsiger Wiesen ist im Vergleich zu niedrigwüchsigen etwa doppelt so hoch.

Die Bestandeshöhe ist mit der Biomasse positiv korreliert (Abb. 2). Nach der Funktion *Trockenmasse[g/m²] = 16,523 * Bestandeshöhe[cm] – 28,304* kann für die Grünlandbestände des Untersuchungsgebietes die oberirdische Biomasse aus der Bestandeshöhe abgeschätzt werden.

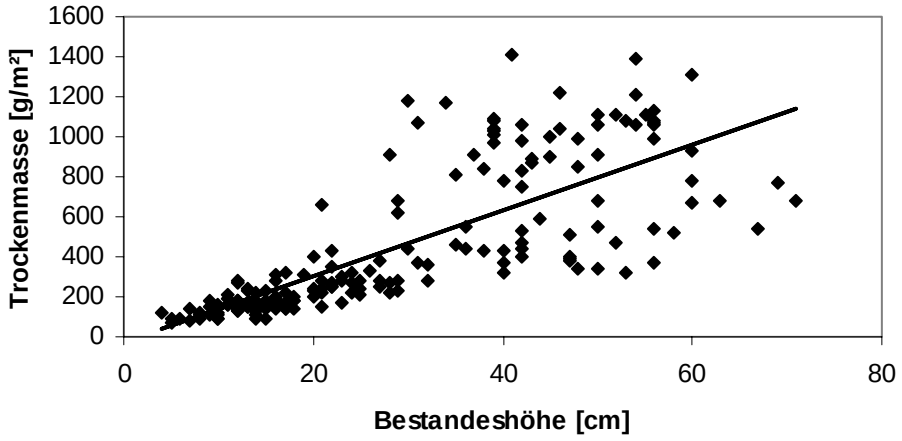

Abb. 2: Beziehung von Höhe und oberirdischer Trockenmasse der vier ausgewählten Grünlandflächen (r = 0,77, signifikant auf dem Niveau von 0,01 (einseitig)).

Fig. 2: Stand height plotted versus aboveground biomass (dry matter) for the four selected grassland sites (r = 0,77, significant on the level of 0,01 (one-sided)).

Die häufigste dominante Art der Grünlandbestände (ohne bereits gemähte Bestände) war der Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*), gefolgt von Wiesenkerbel (*Anthriscus sylvestris*) und Wiesenknöterich (*Polygonum bistorta*, Tab. 1).

Die erfaßten dominanten Arten sind auf Grünlandbestände mit einem bestimmten Bestandeshöhenbereich beschränkt und lassen sich nach ihrem Vorkommen von niedrig- zu hochwüchsigen Wiesen anordnen (Abb. 3, Tab. 1). Die Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*) war die dominante Art in den Grünlandbeständen mit der geringsten Bestandeshöhe, das Gewöhnliche Rispengras (*Poa trivialis*) in solchen mit der größten Bestandeshöhe (Abb. 3).

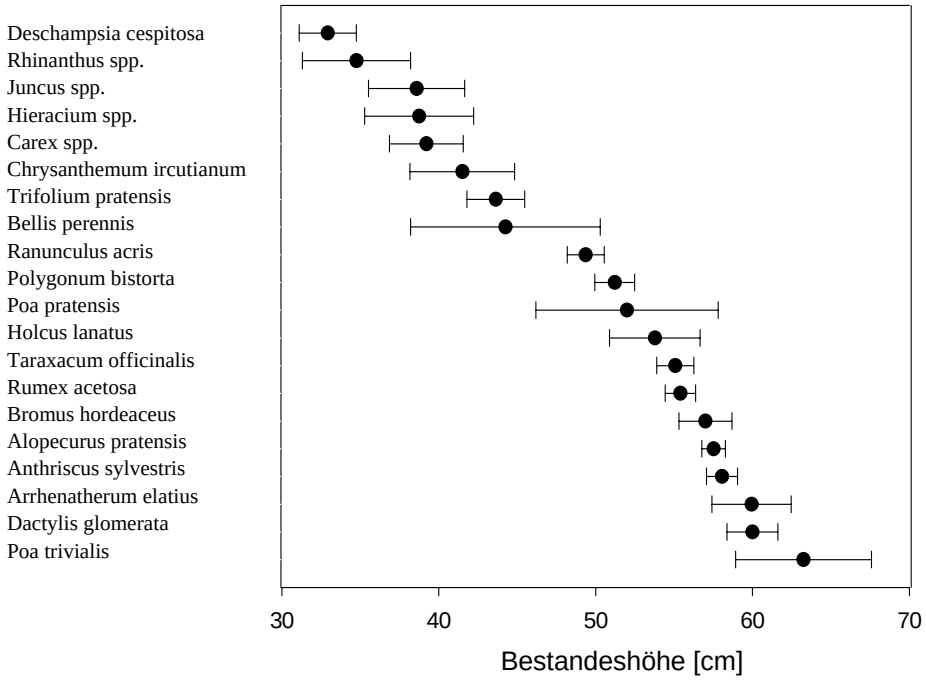

Abb. 3: Höhen der Bestände, in denen die aufgeführten Taxa bei der Erhebung dominant waren (± Standardfehler). Es sind die Pflanzenarten aufgeführt, die im Untersuchungsgebiet auf mehr als drei Grünlandflächen dominant waren.

Fig. 3: Stand height of grasslands in which the given taxa dominated (± standard error). Only species dominant on more than three grassland sites are given.

Tab. 1: Zuordnung von dominanten Pflanzenarten zu drei Bestandeshöhen-Klassen. Die Klassen wurden nach der mittleren Höhe der jeweiligen Bestände gebildet (niedrigwüchsig: 20 bis 39 cm, mittlere Höhe: 40 bis 59 cm, hochwüchsig: 60 bis 78 cm). In Klammern ist die Anzahl der Nennungen für die einzelnen Arten angegeben. Es sind nur die Arten aufgeführt, die auf mehr als drei Grünlandflächen als dominant angesprochen wurden.

Tab. 1: Assignment of dominant plant species to three classes of stand height (low: 20 to 39 cm, intermediate: 40 to 59 cm, high: 60 to 78 cm). The number of occurrences is given in parentheses. Only those species are given which were dominant in at least three grassland sites.

niedrigwüchsige Grünlandbestände	Grünlandbestände mittlerer Bestandeshöhe	hochwüchsige Grünlandbestände
Carex spp. (14) Deschampsia cespitosa (13) Juncus spp. (12) Hieracium spp. (4) Rhinanthus spp. (4)	Alopecurus pratensis (140) Anthriscus sylvestris (103) Polygonum bistorta (91) Rumex acetosa (86) Ranunculus acris (73) Taraxacum officinale (50) Trifolium pratense (22) Bromus hordeaceus (13) Holcus lanatus (9) Chrysanthemum ircutianum (6) Poa pratensis (6) Bellis perennis (4)	Arrhenatherum elatius (17) Dactylis glomerata (13) Poa trivialis (4)

Diskussion

Die Fallstudie

Niedrigwüchsige Wiesen sind durch die Dominanz der Arten (bzw. Gattungen) *Carex* spp*., Deschampsia cespitosa, Hieracium* spp*., Juncus* spp*.* und *Rhinanthus* spp*.* charakterisiert. Diese Bestände sind naturschutzfachlich besonders interessant; beispielsweise ist *Rhinanthus* spp. Indikator für extensive Grünlandbestände (Briemle et al. 1999). Im Weißenstädter Becken werden 15,9 % der Grünlandbestände als niedrigwüchsig eingestuft. In diesem klimatisch rauhen Gebiet wird Grünland relativ extensiv bewirtschaftet. In anderen Landschaften mit günstigeren klimatischen Bedingungen sind vermutlich weniger Grünlandflächen mit solch einer geringen Bestandeshöhe anzutreffen. Eine Erhebung nach dem gleichen Verfahren in einem anderen Gebiet würde einen direkten Vergleich ermöglichen.

Die Bestände mittlerer und großer Bestandeshöhen werden von Arten dominiert, die charakteristisch für mittlere Bodenfeuchte sowie nährstoffreiche Böden sind und der Klasse *Molinio-Arrhenatheretea* zugeordnet werden. Hochwüchsige Wiesen deuten auf eine starke Nährstoffzufuhr (vor allem Stickstoff) hin. Das kann negative Auswirkungen auf die Qualität des Grundwassers (Nitratkonzentration) haben. Im Weißenstädter Becken werden jährlich bis zu 2 Mio m³ Trinkwasser entnommen; aus diesem Grund ist die Höhe der Stickstoffzufuhr in diesem Gebiet von großer gesellschaftlicher Bedeutung (Mertens 2001, Mertens & Huwe 2002).

Der Zusammenhang von Bestandeshöhe und dominanten Arten, der in dieser Studie beobachtet wurde, erstaunt nicht, denn er lässt sich durch den genetisch festgelegten Wuchshöhenbereich der Pflanzenarten erklären**.** Der Zusammenhang der Bestandeshöhe mit genetisch fixierten Eigenschaften der Pflanzen bestätigt die biologische Relevanz einer Höhenmessung. Abgesehen davon werden durch Bestandeshöhenmessungen Schwankungen der Wuchshöhen innerhalb des genetisch fixierten Bereichs, die möglicherweise durch Landnutzung oder Klimawandel verursacht sind, angezeigt.

Relevanz einer Bestandeshöhenmessung und Folgerungen für die Praxis

Die Bestandeshöhe von Grünland hat besondere Bedeutung für naturschutzfachliche Bewertungen, denn mit diesem Parameter kann eine unerwünschte Stickstoffzufuhr angezeigt werden: Durch Stickstoffdüngung

werden Wiesen und Weiden hochwüchsiger (Rabotnov 1995; vgl. Marschner 1995).

Über die Bestandeshöhe kann eine Verbindung zu Ökosystemfunktionen hergestellt werden. Ein Verständnis von Ökosystemfunktionen ist besonders auf der Skalenebene der Landschaft eine wichtige Voraussetzung für eine nachhaltige Ressourcennutzung (Tenhunen et al. 2001, Turner et al. 2001). Eine Veränderung der Leistungsfähigkeit von Landschaften zur Erfüllung solcher Funktionen, verursacht durch Landnutzungs- oder Klimawandel, ist heute ein zentrales Thema ökologischer Forschung (z.B. Grime 1997, Schläpfer et al. 1999).

Ökosystemfunktionen lassen sich klassifizieren in Produktionsfunktion, Trägerfunktion, Regelungsfunktion und Informationsfunktion (Haber 1993). Ein positiver Zusammenhang von Bestandeshöhe und Biomasse wurde in dieser Studie festgestellt. Auf Grund dieses Zusammenhanges kann die Produktivität (eine Produktionsfunktion) von Grünlandbeständen mit einer Bestandeshöhenmessung abgeschätzt werden, wenn die letzte Mahd oder Beweidung im vorherigen Jahr ungefähr zum gleichen Zeitpunkt erfolgte. Mit der Bestandeshöhe ist auch eine Abschätzung der Habitateignung für Tiere (einer Trägerfunktion) möglich, z.B. als Brutplatz für Vögel und Ruheplatz für Schalenwild. Andere Hinweise zu Grünland und Ökosystemfunktionen finden sich z.B. bei Elsäßer (1993), Tappeiner & Cernusca (1994), Sala et al. (1996) und Newesely et al. (2000).

In Ökosystemmodellen kann ein Verständnis von Ökosystemfunktionen in mathematische Formeln gefasst werden, und es besteht die Möglichkeit, Effekte verschiedener Landnutzungs-Szenarien zu berechnen. Für Modelle zur Kohlenstoff-Bilanz, Produktivität, Stickstoffverfügbarkeit und Habitateignung könnte die Bestandeshöhe von Grünland oder daraus abgeleitete Grünlandtypen geeignete Eingangsparameter sein.

Das Ergebnis einer Bestandeshöhenmessung ist wegen des Pflanzenwachstums und der Mahd bzw. Beweidung stark vom Zeitpunkt der Datenerhebung abhängig (Dierschke & Briemle 2002). Eine Abschätzung der Produktivität mit einer einmaligen Höhenmessung ist nur dann möglich, wenn die Messungen vor der ersten Mahd bzw. Beweidung erfolgen. Nach der ersten Mahd könnte die Produktivität aus wiederholten Bestandeshöhenmessungen abgeleitet werden. Das ist aufwändig und für Erhebungen auf Landschaftsebene kaum praktikabel. Nach bereits erfolgter Mahd scheint es sinnvoller, dominante Arten als Indikatoren der Produktivität zu nutzen.

Auf Grund der wechselnden phänologischen Entwicklung gilt die zeitliche Abhängigkeit, in etwas abgeschwächter Weise, auch für dominante Arten (erinnert sei an die verschiedenen Blühaspekte). Klapp (1971) weist darauf hin, dass auch beim Vergleich zwischen verschiedenen Jahren auf derselben Fläche große Unterschiede in den Dominanzverhältnissen auftreten können. Diese beiden Nachteile, wechselnde phänologische Entwicklungsstadien und Unterschiede beim Vergleich zwischen verschiedenen Jahren sind auch für das in Baden-Württemberg angewandte Indikatorarten-Verfahren (Briemle et al. 1999) relevant.

Eine Höhenmessung kann nicht eine Bestimmung der Pflanzenarten ersetzen, wenn detaillierte Informationen zum naturschutzfachlichen Wert gefordert werden. Eine ergänzende Erfassung der Bestandeshöhen, zusätzlich zu Erhebungen der vorkommenden Pflanzenarten, kann aber bei bestimmten Fragestellungen hilfreich sein. Das Verfahren bietet sich insbesondere dann an, wenn über die Vegetationsstruktur eine Beziehung zu Ökosystemfunktionen eines größeren Gebietes hergestellt werden soll. Als Alternative zur Ansprache mit Indikatorarten, wie sie in Baden-Württemberg praktiziert wird (Briemle et al. 1999), sollten Bestandeshöhenmessungen durchaus diskutiert werden.

Literatur

Arkenau, T. & Wucherpfennig, G. (1985): Grünlandgesellschaften als Indikator der Nutzungsintensität. Dipl.-Arb. Gesamthochschule Kassel. 108 S.

Barkman, J.J., Doing, H. & Segal, S. (1964): Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. Acta Bot. Neerl. 13: 394-419.

Braun-Blanquet, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Auflage. Springer Verlag. Berlin, Wien, New York. 865 S.

Briemle, G., Elsäßer, M., Jilg, T., Müller, W. & Nußbaum, H.-J. (1996): Nachhaltige Grünlandbewirtschaftung in Baden-Württemberg. In: Linckh, G., Sprich, H., Flaig, H. & Mohr, H. (Hrsg.): Nachhaltige Land- und Forstwirtschaft. Springer Verlag. Berlin. 215-263.

Briemle, G., Eckert, G. & Nußbaum, H. (1999): Wiesen und Weiden. In: Konold, W., Böcker, R. & Hampicke, U. (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Ecomed Verlag. Landsberg. XI-2.8.

Bronner, G. (2000): Öko-MEKA in der Diskussion – Umweltorientierte Gestaltung eines landwirtschaftlichen Förderprogramms. Natur und Landschaft 75 (8): 323-327.

Bronner, G., Oppermann, R. & Rösler, S. (1997): Umweltleistungen als Grundlage der landwirtschaftlichen Förderung - Vorschläge zur Fortentwicklung des MEKA-Programms in Baden-Württemberg. Naturschutz und Landschaftsplanung 29: 357-365.

Castle, M.E. (1976): A simple disc instrument for estimating herbage yield. J. Br. Grassl. Soc. 31: 37-40.

Deutscher Wetterdienst (Hrsg., 1952): Klimaatlas von Bayern. Bad Kissingen. 83 S.

Dierschke, H. & Briemle, G. (2002): Kulturgrasland: Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 239 S.

Elsäßer, M. (1993): Umweltgerechte Grünlandbewirtschaftung – welche Folgen ergeben sich daraus? Natur und Landschaft 68, 66-72.

Grime, J.P. (1997): Biodiversity and Ecosystem Function: The debate deepens. Science 277: 1260-1261.

Haber, W. (1993): Ökologische Grundlagen des Umweltschutzes. In: Buchwald, K., Engelhardt, W. (Hrsg.): Umweltschutz: Grundlagen und Praxis. Economica Verlag. Bonn. Band 1.

Hauser, K. (1988): Pflanzengesellschaften der mehrschürigen Wiesen (Molinio-Arrhenatheretea) Nordbayerns. Diss. Bot. Band 128. J. Cramer. Berlin. 156 S.

Hessisches Ministerium des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz (Hrsg., 1996): Veränderungen in der Kulturlandschaft: Lebensraum Grünland. Hessisches Ministerium des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz Referat Presse und Öffentlichkeitsarbeit. Wiesbaden. 96 S.

Klapp, E. (1971): Wiesen und Weiden. Verlag Paul Parey. Berlin. 620 S.

Marschner, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants. 2. Auflage. Academic Press. London. 889 S.

Mertens, M. (2001): Die Anwendung der Fuzzy-Set-Theorie auf die Modellierung der Stickstoffbilanzen im Weißenstädter Becken. Bayreuther Forum Ökologie. Band 85. 215 S.

Mertens, M. & Huwe, B. (2002): FuN-Balance: a fuzzy balance approach for the calculation of nitrate leaching with incorporation of data imprecision. Geoderma 109, 269-287.

Newesely, C., Tasser, E., Spadinger, P. & Cernusca, A. (2000): Effects of land-use changes on snow gliding processes in alpine ecosystems. Basic and Applied Ecology 1: 61-67.

Passarge, H. (1978): Die Wuchshöhe, ein wichtiges Strukturmerkmal der Vegetation. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung 18 (1): 31-41.

Powell, T.L. (1974): Evaluation of a weighted disc meter for pasture yield estimation on intensively stocked dairy pastures. N.Z. J. Exp. Agric. 2: 237-241.

Rabotnov, T.A. (1995): Phytozönologie. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 243 S.

Robel, R.J., Briggs, J.N., Dayton, A.D. & Hulbert, L.C. (1970): Relationships between visual obstruction measurements and weight of grassland vegetation. J. Range

Manage. 23, (4), 295-297.

Sala, O.E., Lauenroth, W.K., McNaughton, S.J., Rusch, G. & Xinshi Zhang (1996): Biodiversity and ecosystem functioning in grasslands. In: Mooney, H.A., Cushman, J.H., Medina, E., Sala, O.E. & Schulze, E.-D. (Hrsg.): Functional roles of biodiversity - a global perspective. John Wiley & Sons. Chichester. 129-149.

Schläpfer F., Schmid B. & Seidl I. (1999): Expert estimates about effects of biodiversity on ecosystem processes and services. Oikos 84: 43-49.

Spatz, G. (1994): Freiflächenpflege. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 296 S.

Tappeiner, U. & Cernusca, A. (1994): Bestandesstruktur, Energiehaushalt und Bodenatmung einer Mähwiese, einer Almweide und einer Almbrache. In: Pfadenhauer, J. (Hrsg.): Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie. Band 23. 49-56.

Tenhunen, J.D., Mauser, W. & Lenz, R. (2001): Ecosystem science contributions and the implementation of an ecologically based landscape management in Central Europe. In: Tenhunen, J.D., Lenz, R. & Hantschel, R. (Hrsg.): Ecosystem approaches to landscape management in Central Europe. Ecological Studies 147. Springer Verlag. Berlin. 621-636.

Turner, M.G., Gardner, R.H. & O'Neill, R.V. (2001): Landscape ecology in theory and practice: pattern and process. Springer-Verlag. New York. 401 S.

Voigtländer, G. & Voss, N. (1979): Methoden der Grünlanduntersuchung und Bewertung. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart. 207 S.

Wegener, U. (Hrsg., 1998): Naturschutz in der Kulturlandschaft: Schutz und Pflege von Lebensräumen. Gustav Fischer Verlag. Jena. 456 S.

Wilmanns, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. 5. Auflage. Quelle & Meyer Verlag. Heidelberg. 479 S.

Adressen der Autorin und Autoren

Dr. Philipp Mayer
Frohburgstrasse 324
CH-8057 Zürich
Schweiz
E-Mail: philippmayer@gmx.net

Dr. Bärbel Heindl-Tenhunen, Prof. Dr. John Tenhunen
Lehrstuhl Pflanzenökologie
Universität Bayreuth
D-95440 Bayreuth
Deutschland

Die Untersuchungen wurden am Lehrstuhl Pflanzenökologie der Universität Bayreuth durchgeführt. Der Artikel wurde 2005 fertig gestellt.